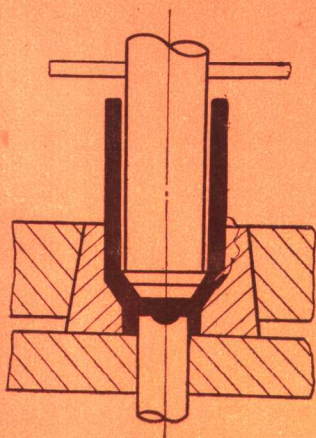


wen ji
ji shu



温 挤 技 术

國防工業出版社

温 挤 技 术

吴诗惇 编著

国防工业出版社

2368/118

内 容 简 介

温挤是近年来在冷挤基础上发展起来的一项少切削无切屑新工艺。由于温挤比冷挤时的变形抗力要小，成形容易，可在小吨位设备上挤压较大的零件，并有利于延长模具寿命，同时又可避免热挤时材料产生的氧化、脱碳等现象，所以温挤技术受到广大工人和技术人员的重视。

本书系统地就温挤的基本概念、温度选择、毛坯下料和加热、挤压压力、润滑剂、模具材料、模具设计、模具冷却方法以及温挤产品的精度、表面光洁度和产品机械性能等方面进行了比较详细的阐述。最后介绍了各种不同类型的温挤工艺实例。

本书适合从事冷、温挤压的工人和技术人员以及有关高等院校的师生阅读和参考。

温 挤 技 术

吴诗惇 编著

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印张 4¹³/₁₆ 99千字

1979年6月第一版 1979年6月第一次印刷 印数：00,001—18,300册

统一书号：15034·1742 定价：0.53元

前 言

温挤是近年来在冷挤基础上发展起来的一项少切削无切屑新工艺。我国广大工人与科技人员遵照伟大领袖和导师毛主席关于“独立自主”、“自力更生”的教导，在七十年代，对温挤技术不断进行试验研究和生产实践，使温挤技术有了很大的发展，在生产上得到越来越广泛的应用。华主席号召我们：“让我们高举毛主席的伟大旗帜，在党中央的领导下，为实现二十世纪中国工人阶级和中国人民的历史使命——建成伟大的社会主义的现代化强国，努力奋斗吧！”在以华主席为首的党中央领导下，工业学大庆的群众运动更加广泛深入地开展起来，国民经济的新的跃进局面正在形成。在这种大好形势下，随着技术革新和技术革命的蓬勃展开，温挤技术一定会得到更快的普及和提高，一定能够更好地为实现四个现代化服务。

这本书篇幅虽然不多，但是它是目前比较详细地全面阐述温挤技术各个方面的一本书。它介绍了温挤的基本概念、温度选择、毛坯下料和加热、挤压压力、润滑剂、模具材料、模具设计、模具冷却方法以及温挤产品的精度、表面光洁度和产品机械性能，最后介绍了八个温挤工艺实例。

但是温挤是一个新事物，对它的认识也需要反复多次才能完成，编者对它的认识也很不够，加上编者的政治思想水平与业务水平都有限，所以这本书一定有许多缺点甚至错误，

恳切地希望广大读者提出批评与建议，以便以后加以改正。

本书插图由红安公司和西安仪表厂的同志帮助描绘，特此致谢。

编 者

目 录

一	温挤的基本概念.....	1
二	温挤温度.....	10
三	温挤毛坯的下料和加热.....	32
四	温挤压力.....	40
五	温挤润滑剂.....	55
六	温挤模具.....	70
七	温挤产品.....	110
八	温挤工艺实例.....	120

一、温挤的基本概念

温挤，或称温热挤压，是在冷挤压基础上发展起来的一项少切削无切屑压力加工新工艺。在六十年代国外开始用于

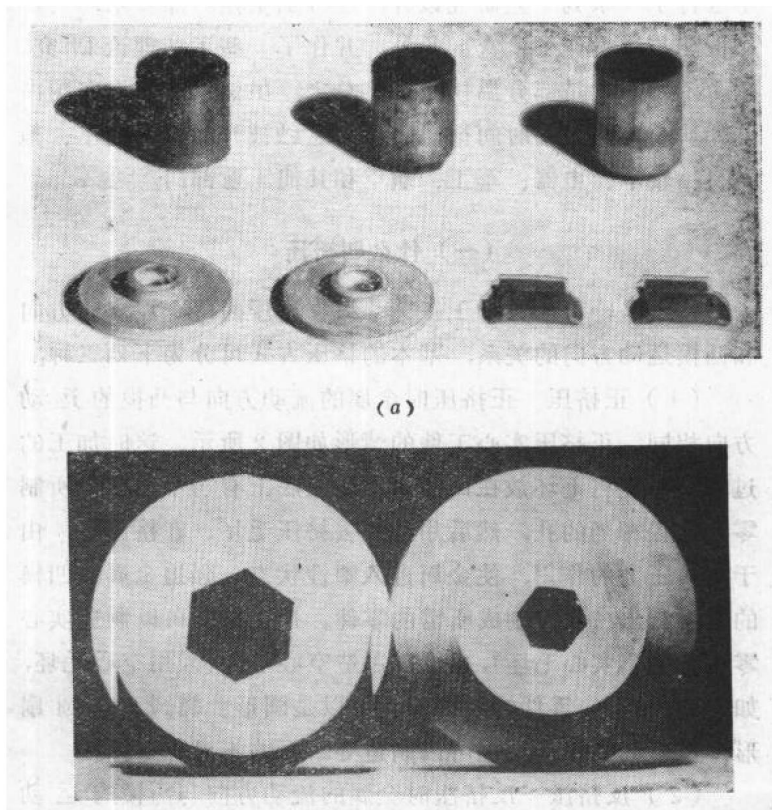


图1 温挤零件

工业生产。我国在七十年代开始，对温挤进行了试验研究，并将这项新工艺陆续应用于生产。目前温挤的零件材料，不但有碳素钢、合金结构钢，而且有不锈钢、耐热钢、合金工具钢和高速工具钢。生产的零件形状也多种多样，有圆形件也有异形件。有正挤、反挤零件，也有复杂的温锻零件。除了进行了一系列工艺研究以外，还分别根据产品要求，对产品性能与质量作了检查。此外，并作了一些工艺理论研究。图1示出的就是部分温挤产品。总之，虽然温挤技术在国内开始研究与运用的时间很短，但是它已被开始用于汽车、拖拉机、轴承、电器、军工、航空和其他工业部门。

(一) 什么叫挤压

挤压是一种压力加工工艺。根据挤压时，金属流动方向和凸模运动方向的关系，基本的挤压方式可分为下列三种：

(1) 正挤压 正挤压时金属的流动方向与凸模的运动方向相同。正挤压实心工件的情形如图2所示。这时加工的过程是：先将毛坯放在凹模内，凹模底上有一个大小与所制零件外径相当的孔，然后用凸模去挤压毛坯。在挤压时，由于凸模压力的作用，使金属进入塑性状态，强迫金属从凹模的孔中流出，从而制成所需的零件。用正挤法可以制造实心零件（采用实心毛坯），也可以制造空心零件（采用空心毛坯，如图3所示）。零件的断面形状可以是圆形、椭圆形、圆扇形、矩形或棱柱形，也可以制造等断面的不对称零件。

(2) 反挤压 反挤压时金属的流动方向与凸模的运动方向相反。图4为反挤压空心杯形工件的情形。反挤压的加工过程是：把扁平的毛坯放在凹模底上，凹模与凸模在半径

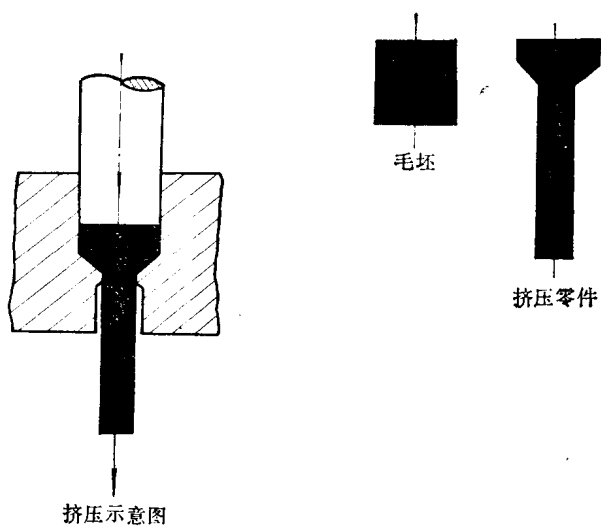


图2 正挤压实心件

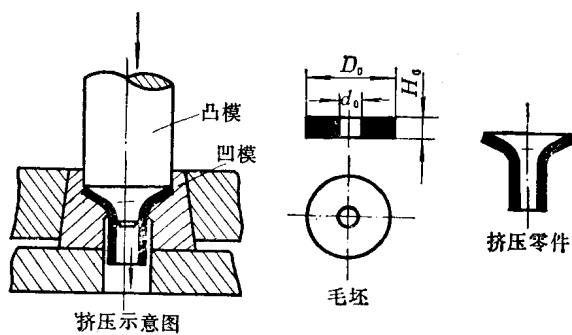


图3 正挤压空心件

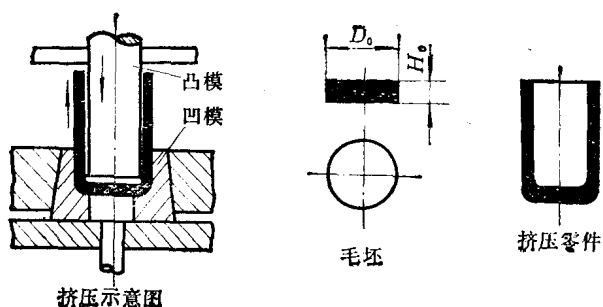


图4 反挤压

方向的间隙等于杯形零件的壁厚。当凸模向毛坯施加压力时，金属便沿凸模与凹模之间的间隙向上流动，从而制成所需的空心零件。这种挤压方式适用于制造横断面是圆形、方形、长方形、“山”形、多层圆形、多格盒形的空心件。

(3) 复合挤压 挤压时金属沿着凸模的运动方向 和相反的方向同时流动，叫做复合挤压（图5）。这种挤压方式适

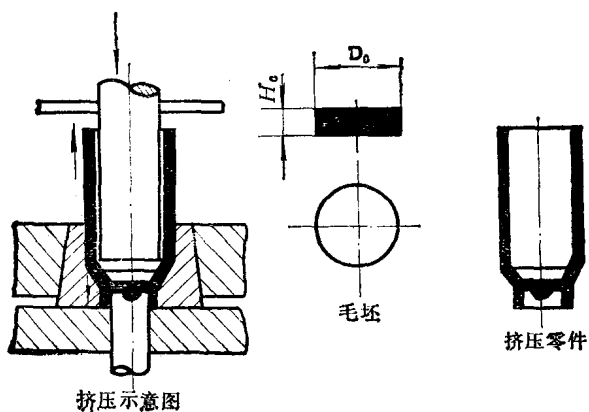


图5 复合挤压

用于制造横断面是圆形、方形、六角形、齿形、花瓣形的零件，也可以制造等断面的不对称零件。

除了上述三种轴向挤压外，还有径向挤压法。这种方法的特点是：金属流动方向在施力轴的径向。挤压模块具有挤压零件断面的凹形。在模块沿毛坯轴的径向移动的时候，在各个方向同时形成零件上的齿形。这种方法采用的模具图如图6所示。用这种方法可以制造铰刀、花键轴的齿形部分，也可以制造直齿和螺旋齿小模数齿轮的齿形部分；也可以制造某些型材，然后分成齿轮之类的各个零件。圆断面的毛坯（棒料）垂直置于空腔3内，借定位器4使毛坯在中心定位，随着凸模5下行，力经过滑块6施加给模块2，模块2就沿着壳体1的锥形面向下同时向模具的中心移动，把毛坯压成零件。在滑块回程时，模块2在弹簧顶件器7的作用下升起并互相分开。

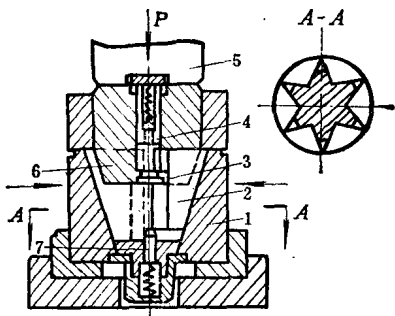


图6 径向挤压法

圆断面的毛坯（棒料）垂直置于空腔3内，借定位器4使毛坯在中心定位，随着凸模5下行，力经过滑块6施加给模块2，模块2就沿着壳体1的锥形面向下同时向模具的中心移动，把毛坯压成零件。在滑块回程时，模块2在弹簧顶件器7的作用下升起并互相分开。

此外，墩锻工艺（图7）也可以看作是一种径向挤压法。图7（a）是简单自由墩粗，（b）是开式顶墩，（c）是半封闭式墩锻。

但应当指出，径向挤压法（包括墩锻）与通常的所谓挤压（也就是轴向挤压）在毛坯断面积的变化上是有所不同的。径向挤压法时工件的断面积比毛坯的断面积有所增加，而通常的挤压时，工件的断面积比毛坯的断面积有所减小。如果

将径向挤压、镦锻与通常的挤压工序合理地结合，可以加工一些结构复杂的零件，实际上就是模锻工艺。

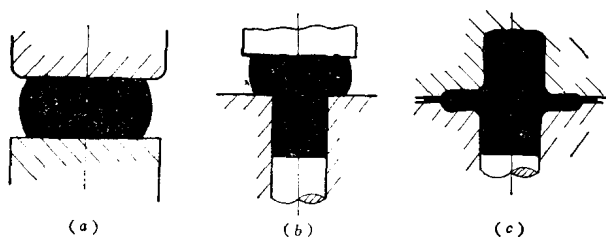


图 7 镦锻

(二) 什么叫温挤

大家知道，如果挤压时不加热毛坯，也就是在室温下对毛坯进行挤压，这就是冷挤压。如果挤压前将毛坯加热到金属再结晶温度以下某个适当的温度进行挤压，就称为温挤。虽然如此，对温挤目前并没有一个严格的统一的定义。例如，有人认为，变形前将毛坯加热，变形后具有冷作硬化，在这样条件下的挤压成形，就称作温挤。因此，即使把毛坯加热到再结晶温度以下，但是挤压时由于变形时的热效应，致使材料表面开始或部分再结晶，甚至毛坯加热温度已经稍高于再结晶温度，但是变形时和变形后再结晶过程并不能充分进行，或者再结晶过程虽然进行较多，但加热温度仍然低于一般热压力加工温度时，仍将它们列入温挤之列。根据我们的体会，对钢而言，温挤的温度范围是高于室温而低于 $800 \sim 850^{\circ}\text{C}$ ；对铝及铝合金是从室温以上到 250°C 以下；对铜及铜合金是从室温以上到 350°C 以下。也就是说，基本上是属于金属的不完全冷变形与不完全热变形的温度范围。

温挤既可用于制造有色金属也可用于制造黑色金属的零件，也可以制造模具型腔。

温挤可以在专用的挤压压力机（冷挤压机）上进行，也可以在一般的机械压力机（如冲床），或在液压机、摩擦压力机上进行，也可以在高速锤上进行。

（三）温挤的优点与存在的问题

大家知道：冷挤压是无切屑、少切屑的新工艺之一。它有很多优点：节约原材料、生产率高、产品强度大，而且产品的精度和光洁度高。但是冷挤压的变形力相当大，特别是对较硬的金属材料进行冷挤压时，所需的变形力就更大。金属变形抗力很大，就限制了零件的尺寸，同时也限制了难变形材料采用冷挤压这项先进工艺。当变形抗力大到超过模具材料的允许强度时，就造成模具的破坏。目前一般模具材料在冷挤压时允许的单位挤压力为 $250 \sim 300$ 公斤/毫米²。当单位挤压力超过 $250 \sim 300$ 公斤/毫米² 时，模具的寿命就大大降低，甚至不可能进行挤压。此外，由于变形抗力大，就需要大吨位的压力机，而且希望尽量采用不但强度大、而且刚度也大的强大锻压设备即专用冷挤压机。

热挤压成形法，一般将毛坯加热至热锻温度，虽然可使材料变形抗力降低，但是由于加热，产生氧化、脱碳及热膨胀等问题，降低了产品的尺寸精度和表面质量，因而一般都需要经过大量的切削加工，才能作为最后成品。

温挤是将毛坯加热到比热挤压时要低的某个适当温度进行挤压。由于金属被加热，毛坯的变形抗力比冷挤时要小，成形比冷挤时容易，压力机的吨位也可以减少，而且如果控

制合适，模具的寿命也比冷挤时要高。但与热挤压不同，因为在较低温度的范围内加热，氧化、脱碳的可能性小或大大减轻，产品的尺寸精度与光洁度较高，产品的机械性能也比退火材料要高。如在低温范围内温挤，产品的机械性能与冷挤压的产品差别不大。特别是在室温下难加工的材料，例如，析出硬化相的不锈钢和中、高碳素钢、含铬量高的一些钢、耐热钢及其合金以及镁及镁合金、钛及钛合金等，在加温时可能变成可以加工或容易加工。甚至对合金工具钢和高速工具钢也可以顺利地进行一定变形程度的温挤变形。在国内，对黑色金属如纯铁、20号钢、45号钢、20Cr、40Cr、GCr15、12CrNi3、30CrMnSiA、2Cr13、4Cr13、1Cr18Ni9Ti、18Cr2Ni4WA、38CrA、T10V、T10A、Cr12MoV、W6Mo5Cr4V2A1以及GH140等均已成功地进行温挤。对冷挤压难于成形的铅黄铜HPb59-1用温挤成形效果也好。

温挤不仅适用于变形抗力高加工困难的材料，就是对于冷挤压适宜的低碳钢，也适合作为温挤的对象。因为温挤在较高温范围内进行时（例如钢在 $650\sim 800^{\circ}\text{C}$ 温挤时），有一个很大的优点是便于组织连续生产。在冷挤压时，包括挤压低碳钢在内，一般在加工前要进行预先软化退火，在各道冷挤压工序之间也要进行退火处理。在冷挤压钢以前要进行磷化处理（对不锈钢是草酸盐处理）。这就使得组织连续生产产生困难。在较高温度（ $650\sim 800^{\circ}\text{C}$ ）范围内进行温挤时可以不进行预先软化退火和各工序之间的退火，也可以不进行表面磷化处理，这就使得组织连续生产成为可能，至少可以减少许多辅助工序（磷化、退火等）。

温挤可以采用大的变形量，这样就可以减少工序数目。

模具费用也可以大为减少，而且不一定需要刚性极高的高价锻压设备（专用冷挤压机），可以采用通用锻压设备，所以虽然温挤需要加热金属，但是总的加工费用还是比较便宜。特别是在制造工序复杂的非轴对称的异形零件时，温挤尤可发挥它的作用。

总之，温挤是一项有效的毛坯精化工艺。它一般不需添加机器设备，工艺也不复杂，而且收效快，值得大力推广。

当然，温挤与冷挤相比，需要增添加热装置，产品尺寸精度与表面光洁度虽与冷挤压较接近，但总不免稍差一些，劳动条件由于毛坯加热也较冷挤时为差。所以温挤虽有一系列优点，但一般说来，在下列三种情况下采用温挤是比较适宜的，即：

（1）对于高合金钢、高强度材料，用冷挤压进行大变形加工有困难时；

（2）对于一般材料，用于冷挤压而压机吨位不够时；

（3）打算组织连续生产时。

否则，则采用冷挤方式生产较为适宜。

当然和任何新生事物一样，不可能一出现就十分完备。目前，温挤采用的润滑剂，虽然有许多进展，但还不能十分令人满意。同时，也还缺乏加工方面的一些实际数据，完全适合温挤的模具材料还正在研究试验。所以，今后要使温挤加工应用范围迅速发展，还有许多技术方面的问题有待解决。现在的工作可以说是初步开始，大量的工作还有待于我们在生产斗争和科学实验中不断加以解决。

二、温 挤 温 度

前已叙述，一般说来温挤是在再结晶温度以下的某个适当的温度（不包括室温）进行挤压，但是也可以扩大到凡是低于一般热压力加工（例如热锻）的温度（不包括室温）进行挤压均可称为温挤。

由于各个工厂的产品对象不同，零件的变形程度不同，设备条件不同，对产品的性能、尺寸精度要求、表面光洁度要求不同，所选择的温挤温度也有所不同。一般说来，高温下的挤压力比低温下的要低（当然有组织变化时例外），但产品尺寸精度、表面光洁度以及机械性能不如低温下的好。

为了合理地选择温挤温度，现将有关问题逐一加以讨论。

（一）温度对变形抗力的影响

1. 钢的蓝脆 对温挤的影响

图 8 是碳钢的加工温度与压缩变形抗力的关系曲线。由图可见，这组曲线的总趋势是，温度愈高，变形抗力愈低。而且，含碳量高的碳

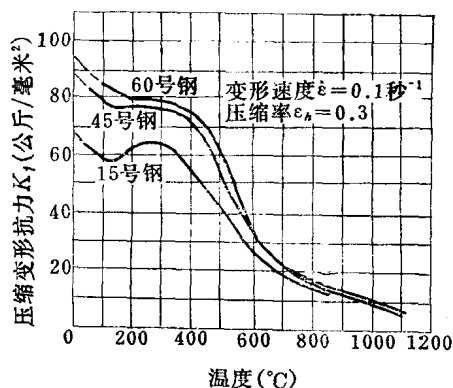


图 8 碳钢的加工温度与压缩变形抗力的关系

钢，其变形抗力随温度的提高而下降的程度比含碳量低的更要显著一些。

这组曲线是在变形速度较慢的情况下得出的。变形速度 $\dot{\epsilon} = 0.1 \text{ 秒}^{-1}$ ●，变形程度为 30%。这样大小的变形速度，我们可以视为静变形。由图可见，在 300°C 左右，曲线有回升的趋势，这时变形抗力较大，这就是“蓝脆”现象。这时强度变大，延伸率和断面收缩率变小，这就意味着这时的材料塑性较差。

金属材料出现蓝脆的温度范围，与变形速度有密切关系。当变形速度增加时，蓝脆区域向图中右侧，即温度高的方向移动（见图 9）。这时变形抗力也比速度低的时候要下降一些。图 9 是 15 号钢在各种变形速度下加工温度与压缩变形抗力的关系。由图可见，当变形速度为 40 秒^{-1} 时，蓝脆出现在 450°C 以上（注意：图 9 所示为 15 号钢的。随含碳量增加，蓝脆出现温度也提高）。变形速度 40 秒^{-1} ，是与在曲柄压力机上实际挤压生产的变形速度相一致的。当然，在实际挤压生产中，真正要确定变形速度是很困难的，因为在变形区金属各点的变形速度是不一致的。在液压机上进行挤压时的变形速度可以参照静变形时的变形速度（当然可能大于静变形时的变形速度）。这样，也就可以预测在液压机上挤压时蓝脆出现的大概温度。

图 10、图 11、图 12 和图 13 分别示出了变形速度对软钢和不锈钢的抗拉强度与总延伸率的影响。这些试验是用拉

● 变形速度 $\dot{\epsilon}$ 是代表变形快慢的一个参数， $\dot{\epsilon} = \frac{d\epsilon}{dt} \text{ 秒}^{-1}$ ，即单位时间内的应变。